

## Interrogation sur le cours de première année.

Samedi 14 septembre 2024 Durée : 2h15

*L'usage de la calculatrice est interdit.*

### PHYSIQUE (14 questions)

*Une figure soignée est attendue dans la plupart des questions.*

#### Optique géométrique

1. Définir le stigmatisme, puis rappeler les conditions de Gauss en précisant leur intérêt.
2. On considère deux lentilles convergentes  $L_1$  et  $L_2$  de centres optiques  $O_1$  et  $O_2$ , de focales respectives  $f'_1$  et  $f'_2$  et distantes de  $e$ , telles que :  $f'_1/3 = e/2 = f'_2$ . Soit  $A$  un objet placé sur l'axe optique, au milieu de  $O_1$  et  $O_2$ . Représenter le système puis, en traçant deux rayons particuliers traversant  $L_1$  et  $L_2$ , déterminer graphiquement l'image de  $A$  par  $L_1$ , notée  $A_1$ , et l'image de  $A_1$  par  $L_2$ , notée  $A_2$  (*attention : il faut tracer le trajet complet de ces deux rayons à travers  $L_1$  et  $L_2$* ). Retrouver ces résultats par le calcul.

#### Circuits électriques dans l'ARQS – Filtrage linéaire

3. Expliquer ce qu'est l'approximation des régimes quasi stationnaires (ARQS) puis exprimer la condition d'application de l'ARQS en fonction de la taille du circuit et de la fréquence du générateur. En utilisant des ordres de grandeur pertinents, montrer que l'ARQS est vérifiée dans le cadre d'un TP d'électrocinétique.
4. Proposer un montage, en indiquant des valeurs acceptables pour les composants, permettant de transformer un signal créneau symétrique de fréquence  $f = 1$  kHz en un signal triangulaire.

#### Mécanique

5. Ecrire la force subie par une particule chargée en mouvement dans un champ magnétique stationnaire et uniforme. Dans le cas où la vitesse initiale de la particule est orthogonale au champ magnétique, on admet que le mouvement observé est circulaire : établir l'expression du rayon de la trajectoire.
6. Donner les expressions du moment cinétique scalaire et de l'énergie cinétique pour un solide en rotation autour d'un axe fixe. Ecrire les lois du moment cinétique et de l'énergie cinétique pour ce solide.
7. On étudie un point matériel soumis à une force centrale conservatrice de centre  $O$ . Démontrer que le mouvement est plan et qu'une quantité appelée constante des aires se conserve au cours du mouvement. Enoncer puis établir la loi des aires.
8. On étudie un astre mobile, assimilé à un point matériel  $P$  de masse  $m$ , soumis à la seule force gravitationnelle d'un astre attracteur de masse  $M \gg m$ , situé en  $O$ . La trajectoire de  $P$  étant supposée circulaire de rayon  $R$ , exprimer la vitesse de  $P$  ainsi que son énergie mécanique en fonction de  $M$ ,  $m$ ,  $R$  et la constante de gravitation  $G$ . Que deviennent ces expressions si la trajectoire est elliptique de demi grand axe  $a$  ?
9. Définir puis exprimer la vitesse de libération d'un corps situé à la distance  $r$  d'un astre. En supposant que le corps est lancé à la distance  $r$  de l'astre avec une vitesse orthoradiale de norme  $v$ , représenter et caractériser la trajectoire observée, en discutant selon la valeur de  $v$ . Donner un ordre de grandeur de la vitesse de libération à la surface de la Terre, sachant que son rayon est  $\approx 6000$  km.

## Thermodynamique

10. Énoncer précisément le 2<sup>nd</sup> principe de la thermodynamique. Démontrer l'inégalité de Carnot Clausius pour une machine ditherme, en définissant clairement les grandeurs intervenant dans son expression. À quelle condition cette inégalité peut-elle être remplacée par une égalité ?
11. Un moteur ditherme fonctionne à l'aide d'un gaz qui effectue des cycles de Carnot réversibles entre les températures  $T_1$  et  $T_2 < T_1$ . Tracer le cycle dans un diagramme de Clapeyron et démontrer l'expression du rendement du moteur. Proposer une application numérique pour un moteur de voiture.
12. On s'intéresse à la vaporisation totale, à pression et température constantes, de  $n$  mol d'eau liquide sous 1 bar. En introduisant la chaleur latente molaire de vaporisation, exprimer les variations d'enthalpie, d'entropie et d'énergie interne du système lors de ce changement d'état.

## Magnétisme

13. Donner l'expression du moment résultant des actions de Laplace sur un aimant droit ou sur un petit circuit fermé plongé dans un champ magnétique quasi uniforme, en fonction de son moment magnétique. Quelles est la position d'équilibre stable de cet aimant dans un champ magnétique stationnaire et uniforme ? Citer une application millénaire de cet effet.
14. En vous appuyant sur un exemple de votre choix, décrire qualitativement le phénomène d'induction magnétique et expliquer les notions de force électromotrice induite et de circuit électrique équivalent. Énoncer la loi de Lenz et l'illustrer sur votre exemple.
15. Définir l'inductance mutuelle entre deux circuits. Citer au moins deux applications du couplage de deux circuits par mutuelle induction, dans le domaine de l'industrie ou dans la vie courante.

## CHIMIE (6 questions)

*La calculatrice étant interdite, on effectuera les applications numériques de manière approchée en utilisant les données numériques fournies ci-dessous et en indiquant comment ces données ont permis d'aboutir.*

*Sauf avis contraire (indication en italique et soulignée), on répondra avec deux chiffres significatifs.*

Données numériques :  $\sqrt{2} \approx 1,41$  ;  $\sqrt{3/2} \approx 1,22$  ;  $\sqrt{6} \approx 2,4$  ;  $\sqrt[3]{2} \approx 1,3$  ;  $\sqrt[3]{4} \approx 1,6$  ;  $10^{-0,9} \approx 0,13$  ;  
 $10^{-0,8} \approx 0,16$

### Cinétique chimique

16. On étudie la réaction d'équation bilan :  $\text{N}_2\text{O}_5(\text{g}) \rightarrow 2 \text{NO}_2(\text{g}) + 1/2 \text{O}_2(\text{g})$ , effectuée en phase gazeuse dans un réacteur de volume constant à température constante
- Définir la vitesse (volumique)  $v$  de réaction, puis exprimer  $d[\text{NO}_2]/dt$  en fonction de  $v$ . Cette réaction admet un ordre, noté  $n$  : qu'est-ce que cela signifie ?
  - En supposant que cette réaction est d'ordre 2, déterminer l'évolution temporelle de la concentration en  $\text{N}_2\text{O}_5$ . Si on mesure la concentration en  $\text{N}_2\text{O}_5$  à différents instants, quelle courbe peut-on tracer pour vérifier cette loi ?

### Réactions acido-basiques

17. On considère les couples acides-bases :  $\left\{ \begin{array}{ll} \text{HCOOH} / \text{HCOO}^- & \text{pK}_{a_1} = 3,8 \\ \text{NH}_4^+ / \text{NH}_3 & \text{pK}_{a_2} = 9,2 \end{array} \right.$
- Tracer les diagrammes de prédominance de chacun de deux couples sur un axe de pH et, pour l'un des deux, justifier le diagramme.
  - L'acide HCOOH et la base  $\text{NH}_3$  peuvent-ils simultanément être les espèces majoritaires de leur couple respectif ? Que peut-on en déduire quant à l'avancement de la réaction observée lorsqu'on introduit ces deux espèces en solution ? Dans quel domaine se trouvera le pH à l'équilibre après mélange de ces deux espèces ? Si nécessaire, on discutera en fonction des proportions initiales des deux espèces.
  - Calculer la constante d'équilibre de la réaction entre HCOOH et  $\text{NH}_3$ . Le résultat est-il en accord avec le résultat de la question précédente ?

### Réactions de précipitation

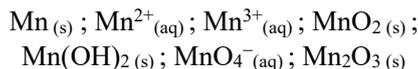
18. On mélange 0,50 L d'une solution de chlorure de potassium ( $\text{K}^+, \text{Cl}^-$ ) de concentration  $c_1$  et 0,50 L d'une solution de nitrate d'argent ( $\text{Ag}^+, \text{NO}_3^-$ ) de concentration  $c_2$ . On sait que  $\text{Ag}^+$  et  $\text{Cl}^-$  peuvent précipiter sous la forme de chlorure d'argent AgCl, solide ionique de produit de solubilité égal à  $10^{-9,8}$ . Déterminer, à l'état final, les concentrations des ions présents et la quantité de solide formé, dans les 2 configurations suivantes :
- $c_1 = 1,0 \cdot 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$  et  $c_2 = 3,0 \cdot 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$ .
  - $c_1 = 1,0 \cdot 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$  et  $c_2 = 3,0 \cdot 10^{-6} \text{ mol.L}^{-1}$ .

## Oxydoréduction et diagrammes potentiel-pH

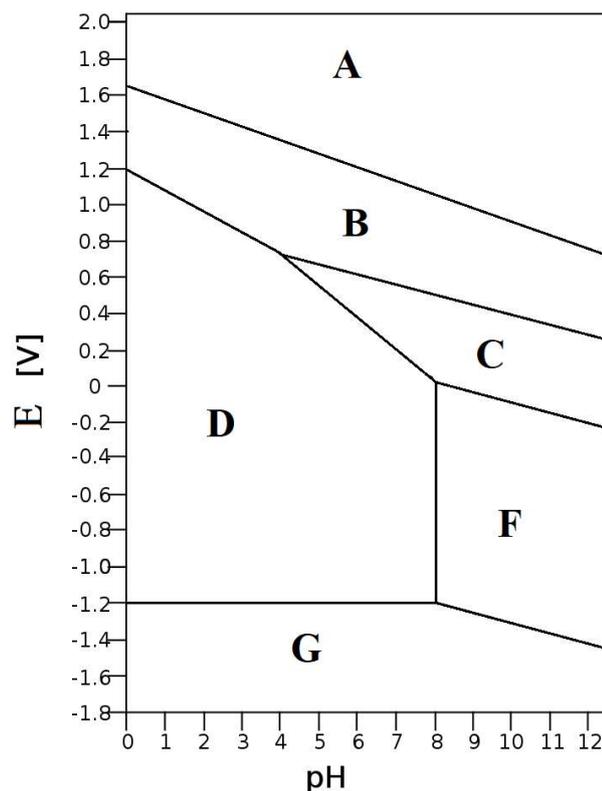
19. Données à 25 °C :

- $(RT/F) \cdot \ln(X) = 0,06 \cdot \log(X)$
- Produit ionique de l'eau :  $K_e = 10^{-14}$
- Potentiel standard à  $pH = 0$  :  $E^\circ(\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}) = 1,23 \text{ V}$

On étudie le diagramme potentiel-pH du manganèse, tracé ci-contre à 25°C pour une concentration totale en manganèse égale à  $c_t = 0,1 \text{ mol.L}^{-1}$ . Les espèces prises en compte dans la réalisation de ce diagramme sont :



- Affecter chaque domaines A,B,C,D,F,G à l'espèce qui lui correspond, parmi les espèces citées plus haut, en précisant les règles utilisées. L'une des espèces n'apparaît pas dans le diagramme : proposer une explication.
- Déduire du diagramme le potentiel standard du couple  $\text{Mn}^{2+}/\text{Mn}$ , avec 3 chiffres significatifs.
- Déduire du diagramme le produit de solubilité de  $\text{Mn}(\text{OH})_2$ .
- Ecrire la réaction de dismutation de l'espèce C en milieu acide. A l'aide du diagramme, calculer la constante de cette réaction et commenter.



## Architecture de la matière

20. En utilisant vos connaissances sur la classification périodique et sachant que le soufre est dans la même colonne que l'oxygène et dans la 3<sup>ème</sup> période, donner les numéros atomiques du carbone, de l'oxygène, du chlore, du soufre, du fluor et de l'azote. En déduire les représentations de Lewis des molécules (ou ions moléculaires) suivants :  $\underline{\text{C}}\text{O}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\underline{\text{S}}\text{O}_2$ ,  $\underline{\text{C}}\text{H}_4$ ,  $\underline{\text{C}}\text{IF}_2^+$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  et  $\underline{\text{N}}\text{O}_3^-$ . L'atome souligné est l'atome central.

21. Le chlorure de sodium  $\text{NaCl}$  cristallise selon une structure que l'on peut décrire de la façon suivante : les anions  $\text{Cl}^-$ , de rayon ionique  $r_{\text{Cl}}$ , constituent un réseau CFC dont tous les sites octaédriques sont occupés par les cations  $\text{Na}^+$ , de rayon ionique  $r_{\text{Na}}$  inférieur à  $r_{\text{Cl}}$ , avec contact entre les ions de charges opposées et absence de contact entre les ions de même charge.

- Faire un schéma de la maille puis exprimer le paramètre de maille en fonction des rayons ioniques  $r_{\text{Cl}}$  et  $r_{\text{Na}}$ .
- Exprimer la masse volumique du cristal en fonction des rayons ioniques et des masses molaires du chlore et du sodium.
- Montrer que la description du cristal fournie ci-dessus nécessite que les rayons vérifient :  $r_{\text{Na}} / r_{\text{Cl}} > \sqrt{2} - 1$ .